

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «30» декабря 2019 г. № 3453

**Государственный первичный специальный эталон и государственная
поверочная схема для средств измерений коэффициента масштабного
преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения
переменного тока промышленной частоты в диапазоне
от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и средств измерений электрической емкости
и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной
частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ**

1. Область применения

Настоящий документ распространяется на государственный первичный специальный эталон и государственную поверочную схему для средств измерений коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и средств измерений электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ и устанавливает назначение государственного первичного специального эталона единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ, комплекс основных средств измерений, входящих в его состав, основные метрологические характеристики эталона и порядок передачи единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ от государственного первичного специального эталона средствами измерений с помощью вторичных и рабочих эталонов с указанием погрешностей и основных методов передачи размера единиц.

Соотношение погрешностей при поверке между вышестоящим эталоном и поверяемым эталоном или средством измерений должно быть не более 1/2.

Графическая часть государственной поверочной схемы для средств измерений единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ представлена в Приложениях А и Б.

2. Государственный первичный специальный эталон

2.1. Государственный первичный специальный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ и передачи размера единиц средствами измерений с помощью вторичных и рабочих эталонов с целью обеспечения единства измерений в стране.

2.2. В основу измерений единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении

переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ должны быть положены единицы, воспроизводимые указанным эталоном.

2.3. Государственный первичный специальный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений:

меры электрической емкости и тангенса угла потерь;

меры для создания отношений токов в диапазоне масштабных коэффициентов от 0,02 до 20;

меры коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжений;

мост высоковольтный эталонный.

2.4. Диапазон значений коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ, воспроизводимых эталоном, составляет:

для коэффициента масштабного преобразования K_u – от 0,1 до 10000;

для угла фазового сдвига φ_u – от 0 до 0,1 рад;

для электрической емкости C от 10 до 1000 пФ;

для тангенса угла потерь $\operatorname{tg}\delta$ от $5 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$.

2.5. Государственный первичный специальный эталон обеспечивает воспроизведение единиц:

2.5.1. Коэффициента масштабного преобразования со среднеквадратическим отклонением $S(K_u)$, не превышающим $1,5 \cdot 10^{-6} + 0,8 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$ при десяти независимых наблюдениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(K_u)$ не превышает $1,9 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность коэффициента масштабного преобразования, оцениваемая по типу A , $u_A(K_u)$ не превышает $1,5 \cdot 10^{-6} + 0,8 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B , $u_B(K_u)$ не превышает $1,2 \cdot 10^{-5}$.

Нестабильность эталона за год $v_0(K_u)$ составляет $1 \cdot 10^{-3} \%$.

2.5.2. Угла фазового сдвига со среднеквадратическим отклонением $S(\varphi_u)$, не превышающим $2 \cdot 10^{-6} + 0,005 \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$ рад при десяти независимых наблюдениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(\varphi_u)$ не превышает $4,2 \cdot 10^{-5}$ рад.

Стандартная неопределенность результата измерений угла фазового сдвига, оцениваемая по типу A , $u_A(\varphi_u)$ не превышает $2 \cdot 10^{-6} + 0,005 \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$ рад. Стандартная неопределенность результата измерения угла фазового сдвига, оцениваемая по типу B , $u_B(\varphi_u)$ не превышает $2,5 \cdot 10^{-5}$ рад.

Нестабильность эталона за год $v_0(\varphi_u)$ составляет $1 \cdot 10^{-5}$ рад.

2.5.3. Электрической емкости со среднеквадратическим отклонением $S(C)$, не превышающим $7 \cdot 10^{-6}$ при десяти независимых измерениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(C)$ не превышает $5 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность воспроизведения электрической емкости, оцениваемая по типу A , $u_A(C)$ не превышает $7 \cdot 10^{-6}$. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B , $u_B(C)$ не превышает пределов от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-4}$.

Нестабильность эталона за год $v_0(C)$ составляет $2 \cdot 10^{-6}$.

2.5.4. Тангенс угла потерь со среднеквадратическим отклонением $S(tg\delta)$, не превышающим $5 \cdot 10^{-6}$ при десяти независимых измерениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(tg\delta)$ не превышает $5 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность результатов измерений тангенса угла потерь, оцениваемая по типу A , $u_A(tg\delta)$ не превышает $5 \cdot 10^{-6}$. Стандартная неопределенность результатов измерений тангенса угла потерь, оцениваемая по типу B , $u_B(tg\delta)$ не превышает $2,5 \cdot 10^{-5}$.

Нестабильность эталона за год $v_0(tg\delta)$ составляет $5 \cdot 10^{-6}$.

2.6. Для обеспечения воспроизведения единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ с указанной точностью должны соблюдаться правила хранения и применения эталона, утвержденные в установленном порядке.

2.7. Государственный первичный специальный эталон применяют для передачи размера единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ и единиц электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ вторичному эталону и рабочим эталонам методом компарирования токов.

3. Эталон сравнения

3.1. В качестве эталона сравнения применяют меры электрической емкости и тангенса угла потерь, меры для создания отношений токов коэффициентов масштабного преобразования, мост высоковольтный эталонный в диапазоне измерений:

коэффициента масштабного преобразования от 0,1 до 2000 и угла фазового сдвига от 0 до 0,1 рад электрического напряжения переменного тока промышленной частоты от $0,1/\sqrt{3}$ до $110/\sqrt{3}$ кВ.

электрической емкости от 10 до 1000 пФ и тангенса угла потерь от 0,00005 до 0,1 на напряжении переменного тока промышленной частоты от 1 до 150 кВ.

3.2. Эталон сравнения обеспечивает воспроизведение единиц:

3.2.1. Коэффициента масштабного преобразования со среднеквадратическим отклонением $S(K_u)$, не превышающим $1,6 \cdot 10^{-6} + 0,8 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$ при десяти независимых наблюдениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(K_u)$ не превышает $2,2 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность коэффициента масштабного преобразования, оцениваемая по типу A , $u_A(K_u)$ не превышает $1,6 \cdot 10^{-6} + 0,8 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B , $u_B(K_u)$ не превышает $1,3 \cdot 10^{-5}$.

Нестабильность эталона за год $v_0(K_u)$ составляет $1 \cdot 10^{-3} \%$.

3.2.2. Угла фазового сдвига со среднеквадратическим отклонением $S(\varphi_u)$, не превышающим $2 \cdot 10^{-6} + 0,005 \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$ рад при десяти независимых наблюдениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(\varphi_u)$ не превышает $4,2 \cdot 10^{-5}$ рад.

Стандартная неопределенность результата измерений угла фазового сдвига, оцениваемая по типу A , $u_A(\varphi_u)$ не превышает $2 \cdot 10^{-6} + 0,005 \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$ рад. Стандартная неопределенность результата измерения угла фазового сдвига, оцениваемая по типу B , $u_B(\varphi_u)$ не превышает $2,5 \cdot 10^{-5}$ рад.

Нестабильность эталона за год $v_0(\varphi_u)$ составляет $1 \cdot 10^{-5}$ рад.

3.2.3. Электрической емкости со среднеквадратическим отклонением $S(C)$, не превышающим $1 \cdot 10^{-5}$ при десяти независимых измерениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(C)$ не превышает $5 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность воспроизведения электрической емкости, оцениваемая по типу A , $u_A(C)$ не превышает $1 \cdot 10^{-5}$. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B , $u_B(C)$ не превышает пределов от $2,5 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-4}$.

Нестабильность эталона за год $v_0(C)$ составляет $5 \cdot 10^{-6}$.

3.2.4. Тангенса угла потерь со среднеквадратическим отклонением $S(\text{tg}\delta)$, не превышающим $7 \cdot 10^{-6}$ при десяти независимых измерениях. Неисключенная систематическая погрешность $\Theta(\text{tg}\delta)$ не превышает $5 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность результатов измерений тангенса угла потерь, оцениваемая по типу A , $u_A(\text{tg}\delta)$ не превышает $1 \cdot 10^{-5}$. Стандартная неопределенность результатов измерений тангенса угла потерь, оцениваемая по типу B , $u_B(\text{tg}\delta)$ не превышает $2,5 \cdot 10^{-5}$.

Нестабильность эталона за год $v_0(\text{tg}\delta)$ составляет $1 \cdot 10^{-5}$.

3.3. Эталон сравнения используют в качестве мобильной эталонной установки для проведения сличений.

4. Вторичные эталоны

4.1. В качестве вторичных эталонов единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига применяют масштабные емкостные преобразователи и преобразователи ток-напряжение с прибором сравнения или трансформаторы напряжения в диапазоне измерений коэффициента масштабного преобразования 0,1 до 10000 и угла фазового сдвига от 0 до 0,1 рад электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ.

4.2. Среднеквадратическое отклонение результата сличений вторичных эталонов единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового

сдвига с первичным эталоном должно быть не более $4,8 \cdot 10^{-6} + 2,4 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$ для $S_{\Sigma 0}(K_u)$ и $6 \cdot 10^{-6} + 0,015 \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$ для $S_{\Sigma 0}(\varphi_u)$.

Стандартная неопределенность результатов измерений коэффициента масштабного преобразования, оцениваемая по типу A , $u_A(K_u)$ не превышает $4,8 \cdot 10^{-6} + 2,4 \cdot 10^{-9} \cdot K_{u(\text{изм})}$. Стандартная неопределенность, оцениваемая по типу B , $u_B(K_u)$ не превышает $6,6 \cdot 10^{-5}$.

Стандартная неопределенность результатов измерений угла фазового сдвига, оцениваемая по типу A , $u_A(\varphi_u)$ не превышает $6 \cdot 10^{-6} + 0,015 \cdot \varphi_{u(\text{изм})}$ рад. Стандартная неопределенность результатов измерений угла фазового сдвига, оцениваемая по типу B , $u_B(\varphi_u)$ не превышает $7,5 \cdot 10^{-5}$ рад.

4.3. Нестабильность вторичного эталона за год составляет $1 \cdot 10^{-3} \%$ и $1 \cdot 10^{-5}$ рад для $v_0(K_u)$ и $v_0(\varphi_u)$ соответственно.

4.4. Вторичные эталоны единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига применяют для передачи размера единиц рабочим эталонам 1-го и 2-го разряда и средствам измерений методом сличения при помощи компаратора или других средств сравнения, методом прямых измерений, методом компарирования токов и непосредственным сличением с мерой.

5. Рабочие эталоны

5.1. Рабочие эталоны 1-го разряда

5.1.1. Коэффициент масштабного преобразования и угол фазового сдвига

5.1.1.1. В качестве эталонов 1-го разряда единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ применяют измерительные комплекты, трансформаторы напряжения, делители напряжения, преобразователи напряжения, меры K_u и φ_u и измерители K_u и φ_u в диапазоне измерений от 0,1 до 10000 для K_u и от 0 до 0,1 рад для φ_u .

5.1.1.2. Пределы допускаемой погрешности эталонов 1-го разряда составляют от 0,015 до 0,05 % для коэффициента масштабного преобразования и от $9 \cdot 10^{-5}$ до $6 \cdot 10^{-4}$ рад для угла фазового сдвига. Указанные пределы допускаемой погрешности включают в себя погрешность метода передачи.

5.1.1.3. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига рабочим эталонам 2-го разряда или средствам измерений методом сличения при помощи компаратора или других средств сравнения, методом прямых измерений, методом компарирования токов и непосредственным сличением с мерой.

5.1.2. Электрическая емкость и тангенс угла потерь

5.1.2.1. В качестве эталонов 1-го разряда единиц электрической емкости C и тангенса угла потерь $\tan \delta$ на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ применяют меры электрической емкости

и тангенса угла потерь, конденсаторы измерительные, измерители емкости и тангенса угла потерь и мосты в диапазоне измерений электрической емкости от 1 до 100000 пФ и тангенса угла потерь от $5 \cdot 10^{-5}$ до 0,1.

5.1.2.2. Пределы допускаемой погрешности эталонов 1-го разряда составляют от 0,1 % до 1,0 % для электрической емкости и от $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ для тангенса угла потерь. Указанные пределы допускаемой погрешности включают в себя погрешность метода передачи единиц.

5.1.2.3. Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единиц электрической емкости и тангенса угла потерь средствам измерений методом прямых измерений или методом сличения при помощи компаратора.

5.2. Рабочие эталоны 2-го разряда

5.2.1. В качестве эталонов 2-го разряда единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ применяют измерительные комплекты, трансформаторы напряжения, делители напряжения, преобразователи напряжения, меры K_u и φ_u и измерители K_u и φ_u в диапазоне измерений от 0,1 до 10000 для K_u и от 0 до 0,1 рад для φ_u .

5.2.2. Пределы допускаемой погрешности эталонов 2-го разряда составляют от 0,05 до 0,1 % для коэффициента масштабного преобразования и от $2,7 \cdot 10^{-4}$ до $15 \cdot 10^{-4}$ рад для угла фазового сдвига. Указанные пределы допускаемой погрешности включают в себя погрешность метода передачи.

5.2.3. Классы точности эталонов 2-го разряда равны 0,05 и 0,1 по ГОСТ 23625 и ГОСТ 1983.

5.2.4. Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для передачи единиц коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига средствам измерений методом сличения при помощи компаратора или других средств сравнения, методом прямых измерений, методом компарирования токов и непосредственным сличением с мерой.

6. Средства измерений

6.1. Коэффициент масштабного преобразования и угол фазового сдвига

6.1.1. В качестве средств измерений коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига электрического напряжения переменного тока промышленной частоты в диапазоне от $0,1/\sqrt{3}$ до $750/\sqrt{3}$ кВ применяют измерительные комплекты, трансформаторы напряжения, делители напряжения, преобразователи напряжения, меры K_u и φ_u и измерители K_u и φ_u в диапазоне измерений от 0,1 до 10000 для K_u и от 0 до 0,1 рад для φ_u .

6.1.2. Пределы допускаемой погрешности средств измерений составляют от 0,2 до 10,0 % для коэффициента масштабного преобразования и от $8 \cdot 10^{-4}$ до $14 \cdot 10^{-3}$ рад для угла фазового сдвига.

6.1.3. Классы точности средств измерений равны 0,2, 0,5, 1,0, 3Р и 6Р по ГОСТ 23625 и ГОСТ 1983.

6.2. Электрическая емкость и тангенс угла потерь

6.2.1. В качестве средств измерений электрической емкости и тангенса угла потерь на напряжении переменного тока промышленной частоты в диапазоне от 1 до 500 кВ применяют конденсаторы измерительные, высоковольтные конденсаторы, измерители параметров изоляции, мосты переменного тока и измерители емкости и тангенса угла потерь в диапазоне измерений электрической емкости от 1 пФ до 100 мкФ и тангенса угла потерь от $1,0 \cdot 10^{-4}$ до 1,0.

6.2.2. Пределы допускаемой погрешности средств измерений составляют от 0,5 до 10,0 % для электрической емкости и от $1 \cdot 10^{-4}$ до 1,0 для тангенса угла потерь.